

ENERGÍA SOLAR Y FORMA URBANA

Análisis de morfología urbana para la optimización de captación solar en el periurbano de Cuenca - Ecuador.

Giovany Albarracin Vélez

Universidad Politécnica de Catalunya

Director: Adolf Sotoca

galbarracinv@ucacue.edu.ec

RESUMEN

El presente artículo trata sobre la incorporación de energía solar en entornos periurbanos en creciente expansión, Cuenca caso de estudio ciudad representativa de Ecuador y Latinoamérica. Pero ¿Cuáles son los patrones ideales para un crecimiento sostenible?; la ciudad compacta o la ciudad difusa, el trabajo pretende ser un aporte en esta búsqueda. Hay muchas variables que hacen de un asentamiento sustentable, en el presente trabajo nos centraremos en los procesos de densificación y su repercusión en el consumo de suelo "huella urbana" y la relación que existe con esta, el consumo energético y la captación – generación de energía solar; intentando de esta manera dar lineamientos, herramientas que faciliten las decisiones a la hora de proyectar nuevos ordenamientos con criterios sostenibles.

Para esto se identifico tres zonas de mayor crecimiento periférico en esta ciudad, para realizar un análisis morfológico, aquí se identificará el consumo de suelo, energético y captación solar. Cual es la densidad, huella urbana, área de captación optimas que permitan un diseño urbano que potencia el uso de energías renovables y contribuya a un desarrollo sostenible son los aportes mas importantes de este trabajo.

Palabras clave: Energía solar, morfología urbana, periurbano, huella urbana

ABSTRACT

This article discusses the incorporation of solar energy in rapidly expanding suburban environments, representative case study Cuenca City Ecuador and Latin America. But what are the ideals for sustainable growth patterns ?; the compact city or diffuse city, the work aims to contribute in this search.

There are many variables that make a sustainable settlement, in this paper we focus on the processes of densification and its impact on land consumption "urban footprint" and the relationship with this, energy consumption and solar power generation; thus trying to give guidelines, tools that facilitate decisions when designing new systems with sustainable criteria.

For this three areas of greatest peripheral growth in this city was identified, for morphological analysis, putting its focus on urban footprint, consumption and generation energy. What is the density, urban footprint, optimal catchment area to allow an urban design that promotes the use of renewable energy and contributes to sustainable development are the most important contributions of this work.

Keywords: Solar energy, urban morphology, suburban, urban footprint

1.- INTRODUCCIÓN

El inicio del siglo XXI será recordado como el momento en el cual la población mundial vive mas en ciudades que en el campo y se estima que para 2050 el 75 % de la población vivirá en ciudades (Amado & Poggi, 2014). América Latina y el Caribe será la región en desarrollo mas urbanizada del planeta.(Banco Interamericano de Desarrollo, 2014)

La ciudad de Cuenca es una ciudad latinoamericana intermedia, de aproximadamente 500.000 habitantes y se prevé que para 2050 duplicará su población,(Banco Interamericano de Desarrollo, 2014) siendo el crecimiento de su huella urbana una preocupación primaria de la ciudad, ya que este ha pasado de concentrarse en la zona urbana a una zona de borde, difusa, que la llamaremos peri urbano, de forma desordenada, expansiva y con bajísima densidad “Urban Sprawl” ; conformado grandes manchas urbanas en proceso de degradación, donde conviven, barrios cerrados de clase alta junto a barrios de escasos recursos, sabiendo que esta segregación lo que hace es acentuar los problemas y dificultades (Muxí, 2004). Además con un alto riesgo de comprometer: cuerpos de agua, suelo agrícola, corredores ambientales, etc. Con consecuencias medioambientales negativas y en detrimento de la calidad de vida de esta ciudad.

La biosfera, el suelo, como el recurso maspreciado no solo como soporte de actividades sino como proveedor de los recursos que permiten la vida de todos las especies que habitan el planeta, entre ellos los seres humanos , además como responsable de absorber los desechos fruto de estas actividades ; a superado sus límites (Clark & Fulmer, 1973).El urbanismo y la arquitectura, tienen una gran responsabilidad en esto siendo responsables de la generación de un 30 % de las emisiones de Co2 del planeta (Sassi, 2006).Por lo tanto es necesario repensar y cambiar el paradigma de crecimiento urbano, conservar el legado de la naturaleza como un tesoro será necesario para resistir. (McHarg, 2000). Observar los procesos de ocupación del suelo es muy importante para poder mirar hacia el futuro e intentar proponer ordenamientos responsables con el medio ambiente.

Este trabajo pretende contribuir en el debate académico existente sobre como deben ser los patrones de crecimiento sostenible, con dos corrientes claras y opuestas: compactos o dispersos (The compac city – The Short cycles) (Schulz, 2006) patrones que se sitúan en las antípodas: centralidad y alta densidad Vs. Descentralización y baja densidad.

Muchos son los motivos para que estos asentamientos encuentren en la periferia su suelo de acogida: altos costos y especulación del suelo urbano, combustible subsidiado derivado de fuentes fósiles, permitiendo el uso irracional de transporte individual, sabiendo que el uso prolongado de estos influye negativamente en la degradación del ambiente y la calidad de vida (Recalde, Cisneros, Ávila, & Urquiza, 2015); consientes de la complejidad del problema y el enfoque ligado solo a un par de variables se pretende un entendimiento del mismo a través del análisis de tres zonas de crecimiento periférico, donde se pretende observar los siguiente:

a.- Densidad / Huella urbana, para entender el proceso de crecimiento, partiendo de un uso rural, pasando por la zona de actual crecimiento hasta llegar a la zona consolidada. Esto para observar la densidad y la relación con el consumo de suelo (huella urbana) , clave a la hora de proyectar patrones de crecimiento sostenibles.

b.- Consumo energético / Captación solar, parametrizar el consumo energético actual y tendencial, de tal manera de tener un área de captación solar capaz de satisfacer esta demanda.

c.- Energía solar / Forma urbana, frente al crecimiento tendencial ,su huella urbana y consumo energético; cual es el área de captación requerida para diferentes densidades y que posibilidades de ordenamiento tenemos , un esbozo de las mismas.

Los resultados obtenidos ofrecerá lineamientos de porcentajes de ocupación de suelo óptimo en relación con la densidad ,captación solar y tipología, capaces de ofrecer energía limpia para satisfacer las necesidades energéticas y no comprometer las necesidades de futuras generaciones.(Brundtland et al.1987) y que permita tomar decisiones mas informadas al momento de afrontar nuevos patrones de diseño sustentable.

2.- METODOLOGÍA

2.1 Cuenca caso de estudio

Desde sus inicios la ciudad se asentó en este mismo valle, donde hoy esta la Cuenca contemporánea, quizá por su favorable topografía y clima; los Cañaris la llamaron Guapondelig y los Incas Tomebamba, en 1557 se produce la fundación española y como la mayoría de ciudades coloniales españolas, sobre una trama en Damero; su primer crecimiento fue en el sentido Este – Oeste , es decir, desde los barrios San Blas a San Sebastián, quedando muy pronto sumergidos por su pujante crecimiento y desarrollo. Pronto saltará el río Tomebamba, donde la ciudad encuentra una llanura basta y suelo de muy buena calidad (lecho rocoso) donde continuará su crecimiento .

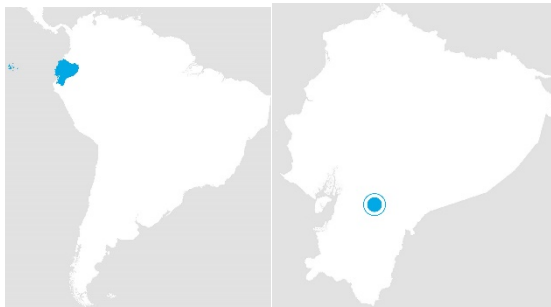


Fig.1 Emplazamiento de la ciudad de Cuenca. Urbano – Periurbano, elaboración propia, 2016.

Es en estas dos última décadas en donde el crecimiento de la huella urbana amenaza suelos en estado natural como de actividades agrícolas; varios son los factores, el alto costo del suelo urbano producido por una especulación, la facilidad de adquirir un automóvil debido a los bajos costos del combustible (subsidiado), ha detonado este crecimiento que llega hasta los dos dígitos (10 % Baños y Ricaurte) cuando el crecimiento promedio de la población es de 3 %. La ciudad de Cuenca cuenta con un área urbana consolidada de 7300 Ha , según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011 - 2030 ahora en vigencia. Sin embargo si continúa este crecimiento tendencial se estima que para 2030 la huella urbana será de 18 mil Ha, y para 2050 de 30 mil Ha, (BID 2014), crecimiento insostenible tanto económicamente como ambientalmente. Por lo tanto es el momento de actuar, estudios recientes establecen que ha pesar de la presión que ha sufrido el periurbano el proceso de degradación no entra en su fase crítica (BID 2014).



Fig. 2 Periurbano, actividades agrícolas, pasto , vivienda.

Para intentar un acercamiento a la zona de estudio, se establecieron 3 cuadrantes de 2 Km X 2Km: Chillcapamba, San Joaquín y Miraflores, en los cuales analizaremos morfológicamente el proceso de crecimiento de la huella urbana.

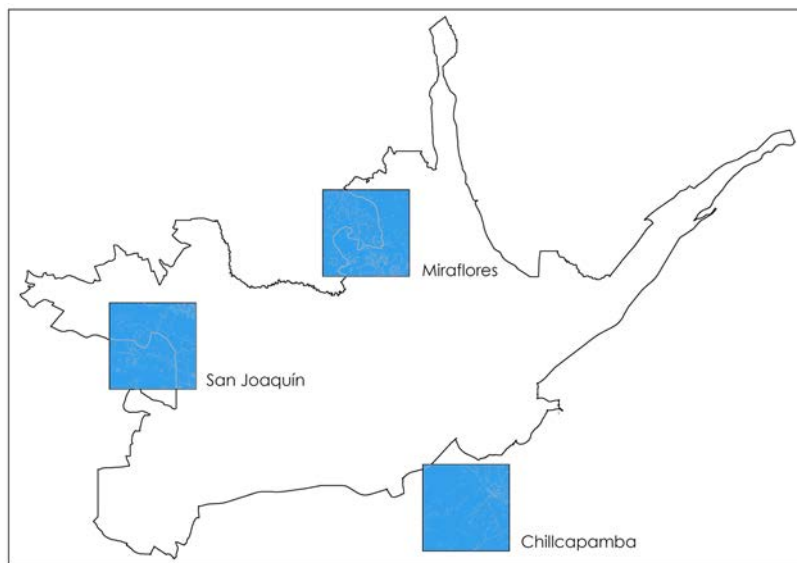


Fig. 3 Periurbano, ubicación de cuadrantes de estudio (2 km X 2 Km). Elaboración propia

2.2 Densidad / Huella urbana

La densidad tiene un impacto determinante en la forma urbana, esto lo podemos observar en el siguiente gráfico que muestra claramente como con una misma densidad las respuestas en el consumo de suelo son tan diferentes, (Riverside, 1999) factor de vital importancia para plantear patrones de crecimiento sostenible. El análisis morfológico esta enfocado en observar el proceso de densificación que afrontan estas zonas periurbanas y el impacto sobre el consumo de suelo que lo llamaremos huella urbana.

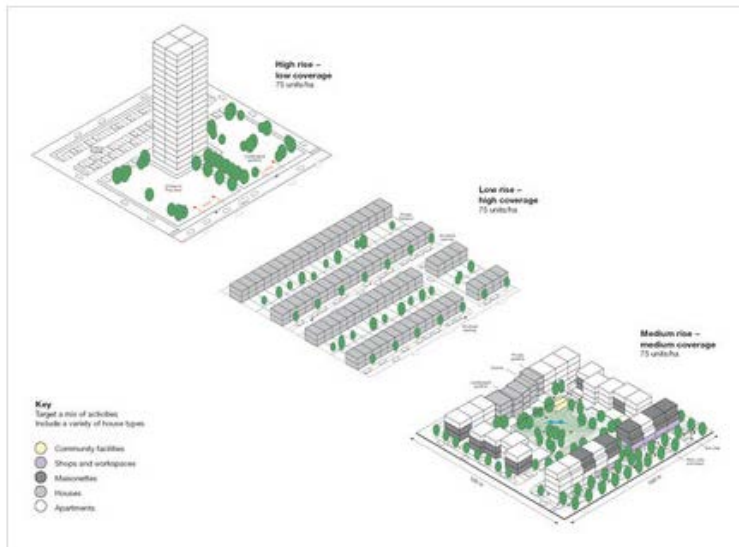


Fig. 4 Tres formas de alcanzar la misma densidad, Urban Task Force Report, Andrew Wright.

2.2.1 Cuadrante Chillcapamba

Chillcapamba se encuentra al Sur – Este de la ciudad y pertenece a una de las 21 parroquias rurales del cantón Cuenca, la parroquia de el Valle, aquí hemos seleccionado nuestro cuadrante de trabajo, estando el mismo prácticamente unido físicamente a la zona urbana; en este cuadrante de 2 km X 2km , hemos establecido 3 sub cuadrantes de acuerdo a la densidad poblacional: una densidad alta que es la que coincide con el centro poblado con la cabecera parroquial (tendencial), una media que esta en proceso de consolidación (actual) y una baja que mantiene condiciones rurales (rural).

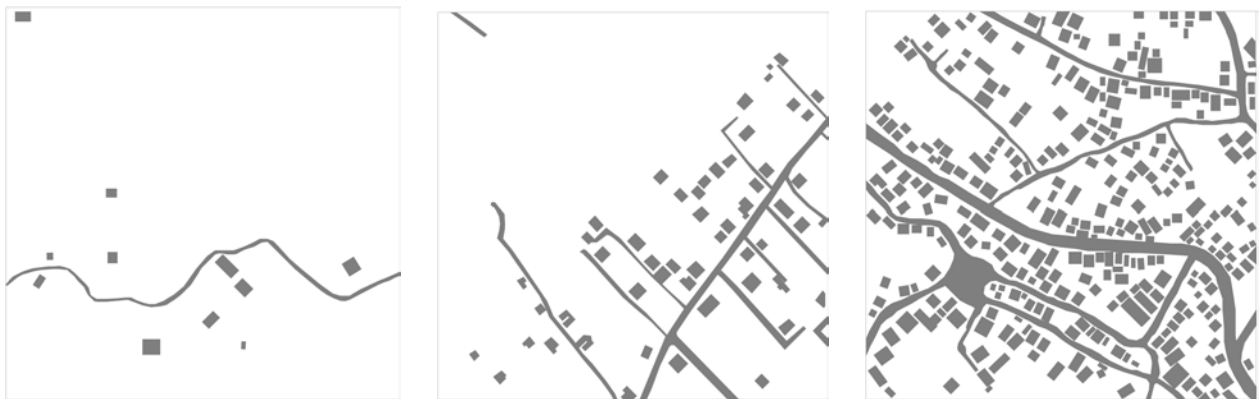


Fig. 5 Proceso de crecimiento: rural, actual y tendencial. Cuadrante Chillcapamba, elaboración propia.

CHILLCAPAMBA			
	Densidad (viv./ha)	Huella urbana	Espacio Libre
CHILLCAPAMBA RURAL	0,7 viv./ha	2%	98%
CHILLCAPAMBA ACTUAL	5 viv./ha	15%	85%
CHILLCAPAMBA TENDENCIAL	20 viv./ha	50%	50%

Tabla 1. Chillcapamba

2.2.2 Cuadrante San Joaquín

Considerada históricamente como el huerto de la ciudad por su vocación agrícola, se encuentra ubicada al oeste de la ciudad de Cuenca, debido al crecimiento disperso (sprawl) al que se encuentra sometida la ciudad, a derivado en una agresiva parcelación que amenaza la pérdida de estas parcelas agrícolas y por consiguiente de esa producción de cercanía que le confiere características de sostenibilidad.



Fig. 6 Proceso de crecimiento: rural, actual y tendencial. Cuadrante San Joaquín, elaboración propia.

SAN JOAQUÍN			
	Densidad (viv./ha)	Huella urbana	Espacio Libre
SAN JOAQUÍN RURAL	2,5 viv./ha	13%	87%
SAN JOAQUÍN ACTUAL	5 viv./ha	18%	82%
SAN JOAQUÍN TENDENCIAL	10 viv./ha	32%	68%

Tabla 2. San Joaquín

2.2.3 Cuadrante Miraflores

Ubicada al norte de la ciudad esta parroquia esta sometida a un fuerte crecimiento de su huella urbana, a pesar de contar con una topografía de fuertes pendientes, zonas boscosas, quebradas e incluso zonas de alto riesgo geológico.

ecuatorianos pasen del consumo de gas licuado a energía eléctrica para la cocción de alimentos. Finalmente un último rubro que corresponde al calentamiento de agua sanitaria, el mismo que esta calculado para una ducha eléctrica de 4000 W que se utiliza media hora por día, durante 30 días.

$$4000\text{ W} \times 0.5\text{ horas} \times 30\text{ días} / (\text{KWh})\ 1000 = 60\text{ KW} / \text{mes} , \text{ por lo tanto } 2\text{ KW} / \text{día}.$$

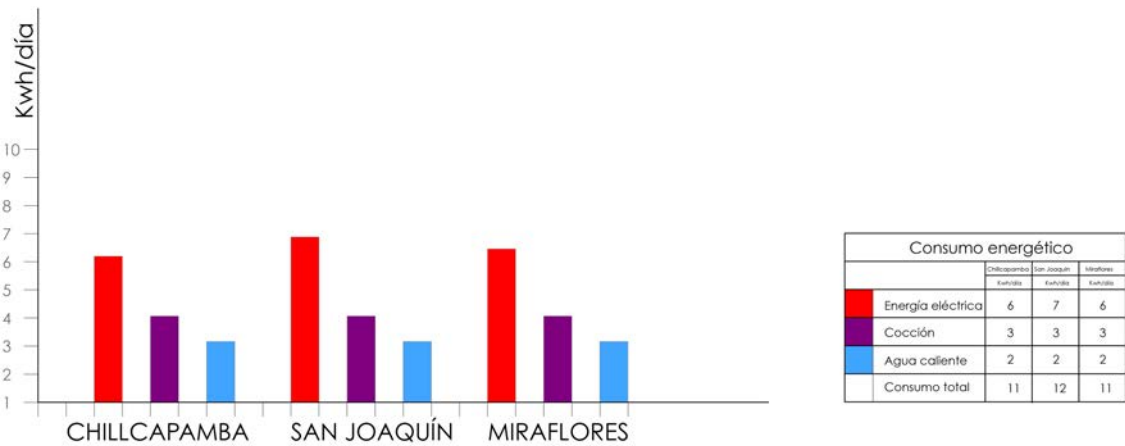


Fig. 9. Consumo energético total de los cuadrantes de estudio, elaboración propia

En consecuencia se tomará como dato de consumo el nivel mas desfavorable de las tres zonas de estudio que es San Joaquín con un consumo diario de 12 Kwh / día, dato con el que realizaremos un calculo aproximado para la captación solar.

2.3.2 Captación solar

Ecuador es un país privilegiado en cuanto a recurso solar se refiere, al encontrarse en la línea ecuatorial hace que el ángulo de incidencia de luz solar sea perpendicular a nuestra superficie, a manera de comparación tomemos los siguientes datos que ilustran bien esta característica: España: 1400 Kwh/m2 año, Ecuador: 4200 Kwh/m2 año. Dato no menor ya que evidencia el potencial solar que el país tiene para satisfacer su demanda energética, pero ¿que demanda es capaz de satisfacer este potencial?, es uno de los objetivos que persigue este estudio.

El recorrido del sol en Ecuador a diferencia de otras latitudes, baña su territorio de Este a Oeste de forma perpendicular marcada por los equinoccios (marzo y septiembre) con declinación nula y los solsticios (junio y diciembre) con declinación +- 23 grados 17 minutos.

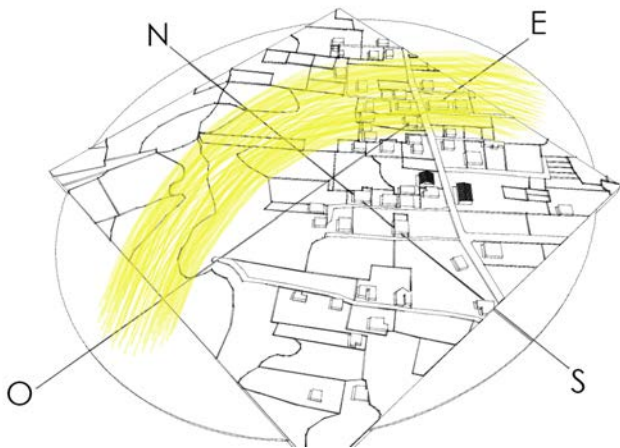


Fig. 10. Recorrido solar en el Ecuador, cuadrante Chillcapamba elaboración propia.

Varios son los factores que condicionan el rendimiento de un sistema fotovoltaico como pueden ser: latitud geográfica, altitud topográfica, condiciones de transparencia de la atmósfera, etc. Para efectos de este análisis tomaremos un promedio de insolación global promedio en la provincia del Azuay , zona de estudio que es 4600 Kwh/m2 año.

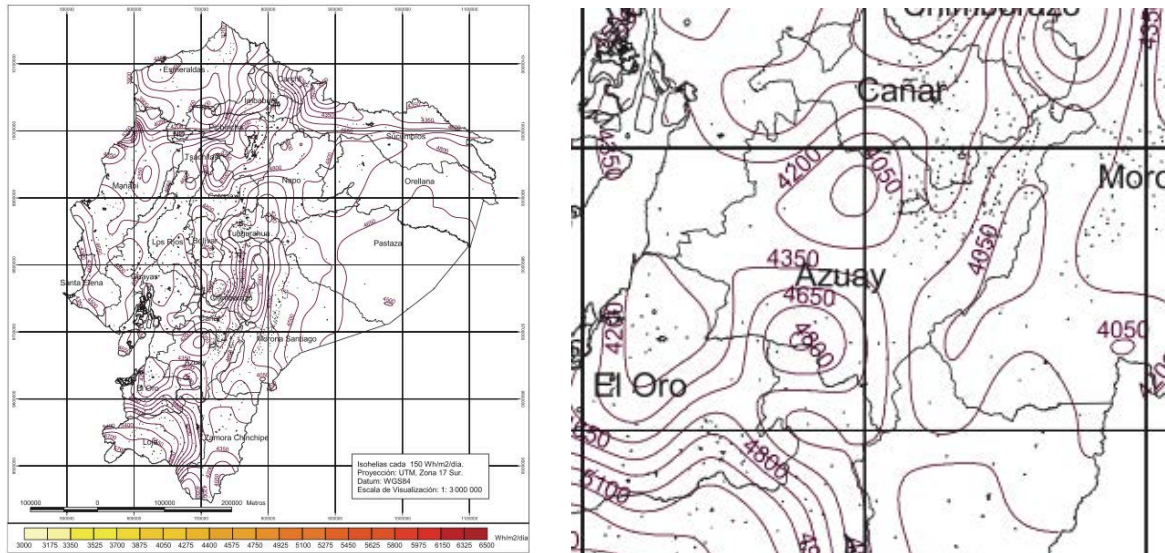


Fig. 11. Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, Insolación Global promedio Azuay, (CONELEC, 2011)

La eficiencia de un célula de un panel fotovoltaico esta medida en forma proporcional de la radiación que la célula convierte en electricidad y que va desde un 3 a un 30 % (Recalde et al., 2015),esto hace que un módulo sea mas o menos potente. El objetivo de este estudio no es encontrar el panel mas eficiente, por lo tanto, tomaremos estudios realizados por el Instituto Nacional de Energías Renovables y Eficiencia Energética (INER) , y tomaremos los paneles MY SUN de 100 W, que son los mas costo – eficientes en el mercado local.

Esto quiere decir traducido a lo que buscamos para este estudio que un módulo mono-cristalino MY SUN de 100 W, produce 100 W en una hora bajo una radiación de 1000 W/m2 a 25 grados centígrados de temperatura, como observamos anteriormente estos requerimientos son cubiertos de sobra en la provincia del Azuay; tomaremos también un promedio de 8 horas de insolación solar global. Por lo tanto:

1 Panel PV = 100 W / hora

1 Panel PV = 800 W / 8 horas

Con los datos obtenidos en la demanda total del gráfico 8 nos arroja un total de 12000 W / día, tenemos:

1 Panel PV - 800 W / día

X - 12000 W / día

X = 15 Paneles PV

El tamaño de los paneles tomado del catálogo es 1200 x 600 x 35 mm y un peso de 8 Kg. Esto quiere decir 12 metros cuadrados por vivienda. Es consecuencia 1 m2 por cada Kwh / día

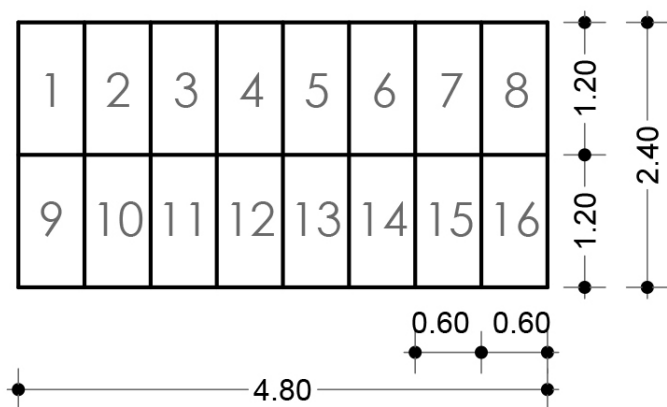


Fig. 12. Área de paneles por vivienda, elaboración propia.

2.3.3 Área de Captación Solar

Con los datos obtenidos podemos graficar al área de captación solar para satisfacer la demanda de 12 Kw h / día por cada vivienda, esto para los sub cuadrantes: rural (0,7 viv./ha), actual (5 viv./ha) y tendencial (20 viv./ha) en Chillcapamba y de la misma manera para los cuadrantes de San Joaquín y Miraflores.



Fig. 13 Área de captación: rural, actual y tendencial. Cuadrante Chillcapamba, elaboración propia.



Fig. 14 Área de captación: rural, actual y tendencial. Cuadrante San Joaquín, elaboración propia.



Fig. 15 Área de captación: rural, actual y tendencial. Cuadrante Miraflores, elaboración propia.

2.4 Energía solar y forma urbana

Con los datos obtenidos de este análisis podemos graficar el consumo de suelo de la captación solar (m^2 PV), para diferentes densidades: 5, 20, 50 y 100 Viv. / ha. Para mirar que pasa con la huella urbana y la captación solar. Podemos observar la ocupación de suelo de la captación solar, siendo de hasta un 12 % para una densidad de 100 viv. ha. Porcentaje de ocupación nada despreciables que tendrán que ser considerados en el diseño del proyecto urbano.

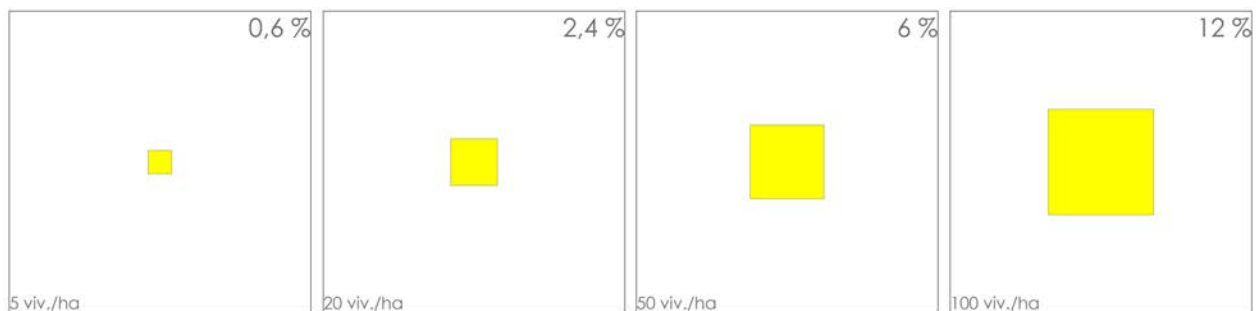


Fig. 16. Densidad y huella urbana de la captación solar, elaboración propia.

Si tomamos una densidad de 50 viv./ha, cercana a los 150 Hab./ha ("PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2011-2030," 2015), o a los 120 Hab./ha (Banco Interamericano de Desarrollo, 2014), podemos observar que la ocupación de suelo o cubierta corresponde a un 6 %, pero esta puede ser distribuida de diversas formas en el territorio lo que tendrá un impacto en la forma urbana.

2.5.- Análisis "Barrios Sostenibles"

Con la finalidad de tener parámetros comparativos, se ha realizado un análisis morfológico de barrios sostenibles europeos exitosos que nos permita tener una idea clara de indicadores básicos como: huella urbana, densidad y tipología, cuya experiencia será valiosa para afrontar este tipo de desarrollo en una país como Ecuador que está dando sus primeros pasos en la búsqueda de patrones de crecimiento sostenible. Se eligieron Linz en Austria, Vauban en Alemania y Eco – Viikki en Finlandia.

Linz es una de las ciudades mas grandes de Austria, la iniciativa del proyecto inicia en 1990, cuando la ciudad de Linz introduce una política de bajo consumo energético en vivienda social. En ese momento 12 mil personas estaban en busca de viviendas y por otro lado el consumo de energía proveniente de fuentes fósiles se incrementaba, contribuyendo con el efecto invernadero. (Jurgen H. Breuste, 2005). En 1992 se aprobó un plan maestro que contemplaba entre cinco a seis mil unidades de vivienda junto con su infraestructura y servicios. La construcción inicia en 2001 con 1317 viviendas de bajo consumo emplazadas en un sitio de alrededor de 32 Ha. formado por uno de los nudos propuestos en el master plan.

El nombre empleado en este proyecto se debió a la utilización extensiva de energía solar de acuerdo a la carta Europea de planeamiento y arquitectura solar , donde se incluyeron entre otros los siguientes principios: Diseño de edificios y áreas residenciales de acuerdo a principios de energía solar activa y pasiva. Después de 15 años 2942 personas viven allí, en 1293 apartamentos, si tomamos en consideración las 32 Ha. En las que esta emplazado el proyecto, se deriva una densidad de 82 hab./Ha. Solar City Linz es un ejemplo de barrio planificado desde su concepción para un bajo consumo energético con criterios ecológicos, poniendo énfasis en el uso de energía solar (térmica y fotovoltaica), pero además bien podría adicionarse otro tipo de energías renovables como el viento o la biomasa a este concepto energético.

Vauban es uno de los modelos de barrios sostenibles mas importantes de Europa, localizado al sur oeste de Alemania, con 2000 viviendas de bajo consumo energético y 5000 habitantes. Fruto de un proceso de planificación gestionados por pequeñas cooperativas de vivienda, tiene una relativa alta densidad y altos estándares de aislamiento térmico en sus edificios, uso de energías renovables y generosos espacios públicos. (Field, 2010)

Los principios en los que hace mayor énfasis este proyecto son: Diseño urbano que privilegia peatones y bicicletas, espacio abierto, energía solar fotovoltaica y transporte público eficiente. Siendo un gran aporte de este proyecto ,que se puede tener un estilo de vida de calidad sin la necesidad de un auto privado.

Eco – Viikki es producto de una política de ámbito nacional del gobierno Finlandés que mira a los asentamientos ecológicos como un camino para la lucha contra el cambio climático. Por supuesto tienen sobre la mesa un debate si estos nuevos patrones de crecimientos deben ser compactos o dispersos (The compac city – The Short cycles)Eco – Viikki, responde a la segunda opción que obedece a criterios de descentralización y baja densidad , contrapuestos a los de centralidad y alta densidad que pregona la ciudad compacta. Sin embargo en esta misma ciudad podemos encontrar en convivencia estos dos modelos.(Schulz, 2006)

Eco – Viikki se desarrolla en la mitad de la capital de la ciudad, como un proyecto piloto, sobre un área de conservación muy frágil, convirtiéndose este en el primer asentamiento ecológico desarrollado en Finlandia.

Los objetivos del proyecto estaban basados sobre un desarrollo ambientalmente sostenibles , una construcción que preserve los recursos naturales, bajas emisiones ; con una alta densidad de vivienda pero baja ocupación de suelo (low gross / high net desity). Cuando la construcción se completo para 2010 Eco – Viikki doto de 600 puestos de trabajo y viviendas para 1700 habitantes. (Schulz, 2006)

La estructura urbana y su implementación ecológica estaban basados en :

“Green Fingers”, una penetración de la naturaleza entre los edificios.

Además los criterios ecológicos de construcción fueron entre otros los mas importantes: polución, optimización de recursos naturales, utilización de energías alternativas (energía solar) bio diversidad y producción de alimentos.



Fig. 17. Cuadrantes de análisis: Solar city, Vauban y Eco – Viikki, encuadre 400 x 400

Tipología de vivienda

Solar city, para contribuir a que sus edificios tengan un bajo consumo, la tipología utilizada es compacta, para evitar pérdidas de energía, además acompañada de una baja densidad con edificios de entre 2 y 4 plantas con una densidad de 82 hab./Ha

Los edificios residenciales en Vauban son de 4 a 5 plantas con una densidad relativamente alta (95 unidades / Ha), pero con generosos espacios verdes entre estos conformando áreas recreativas que contribuyan con la urbanidad.

En Eco – Viikki se puede observar una estructura compacta, con viviendas bajas en los extremos y torres al centro para aprovechar de mejor manera una ventilación natural, además se genera una zona de calma contra el viento formada por vegetación perimetral. Sus bloques multifamiliares de vivienda constituyen uno de los primeros construidos en madera.



Fig. 18. Tipología de vivienda, Solar City Linz, Vauban y Eco – Viikki.

Movilidad

“Solar city” se encuentra muy bien conectada con el centro de la ciudad mediante un transporte público eficiente y no contaminante como el tranvía, y una circulación interior priorizada a peatones y ciclistas.

En Vauban todos los bloques de vivienda están ubicados a no más de 400 m, de una estación de tranvía, que conecta el distrito con el corazón de la ciudad en aproximadamente 15 minutos; este es uno de los criterios que más se ha trabajado en este proyecto, es denominado “car free”, si bien existen parqueaderos ubicados en el perímetro, tienen un costo adicional. La conformación de bloques está diseñada de manera tal que el acceso vehicular es restringido a estos trazados en forma de “U”, estas vías son de apenas 4 m de ancho incluyendo los canales de drenaje, están pensados como espacios sociales, especialmente para los niños; cuenta con una red muy bien estructurada para peatones y ciclistas y todas las unidades de vivienda cuentan con un espacio para su bicicleta.

Eco – Viikki privilegia la circulación peatonal relegando pequeños aparcamientos en los bordes, liberando con esto zonas libres para una integración innovadora del paisaje, además una conexión con transporte público eficiente con el centro de la ciudad provocando un ahorro de energía.

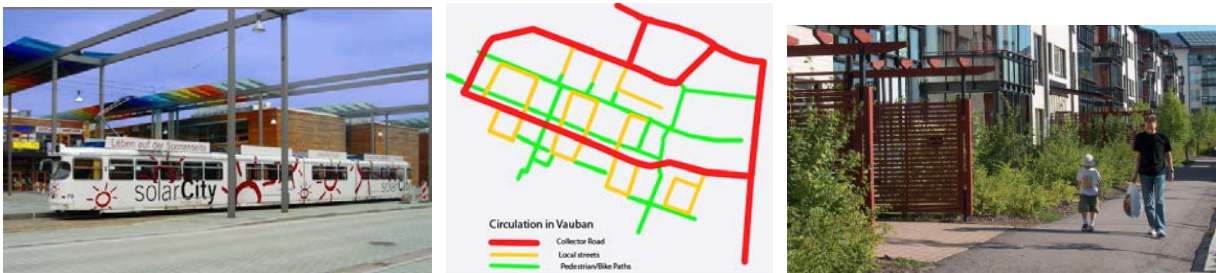


Fig.19. Movilidad: Solar city, Vauban, Eco - Viikki

Indicadores Básicos

Para efectos de entender la ocupación de suelo, fragmentamos los cuadrantes para mirar que pasa en especial con el viario, vivienda, equipamiento y espacio verde.



Fig.20. Consumo de suelo de los cuadrantes de estudio. Elaboración propia

Solar city			Vauban			Eco - Viikki		
	road	13 %		road	12 %		road	12 %
	cycle path	12 %		cycle path	08 %		cycle path	08 %
	dwelings	19 %		dwelings	15 %		dwelings	16 %
	equipment	03 %		equipment	02 %		equipment	04 %
	green space	40 %		green space	07 %		green space	25 %
	open space	13 %		open space	56 %		open space	35 %

Tabla 4. Indicadores básicos, elaboración propia

3.- RESULTADOS

3.1 Densidad / Huella urbana

En el gráfico que a continuación mostramos, podemos observar lo poco sostenible que es un ordenamiento disperso, extensivo y formado por vivienda unifamiliar, claramente se identifica una tendencia hacia el 100 % de ocupación del suelo con una densidad que no llegaría a 50 viv./ha. Por lo que resulta imprescindible incorporar nuevas formas tipológicas de vivienda.

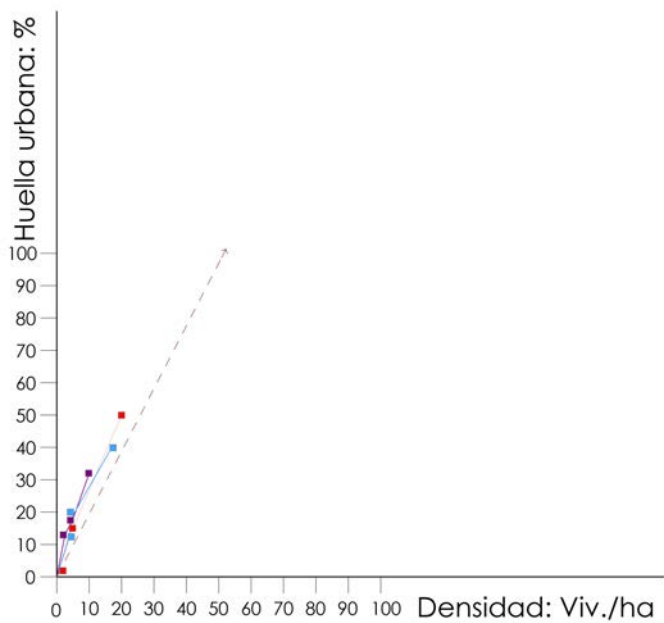


Fig. 21. Relación densidad – huella urbana, elaboración propia

3.2 Consumo energético / Captación solar

Con lo expuesto anteriormente podemos concluir que debido a la importante radiación solar (4600 Kwh/m²) con la que cuentan las zonas de estudio, es posible satisfacer la demanda calculada (12 Kwh/día) por cada vivienda; por lo tanto será necesario la cantidad de 12 m² de paneles fotovoltaicos, los mismos que podrían ser dispuestos individualmente o de forma centralizada, así como también podrían ser incorporados a cada una de las viviendas, espacio público o generar espacios colectivos.

3.3 Energía solar y forma urbana

Dichos elementos de captación, que podrían ser paneles fotovoltaicos pueden ser dispuestos individualmente o de forma centralizada, dicha decisión dependerá de varios factores pero la respuesta a la misma podría tener un gran impacto en la forma urbana. Podemos ejemplificar esto graficando una densidad de 50 viv./ha y disponer de la captación solar de varias formas.

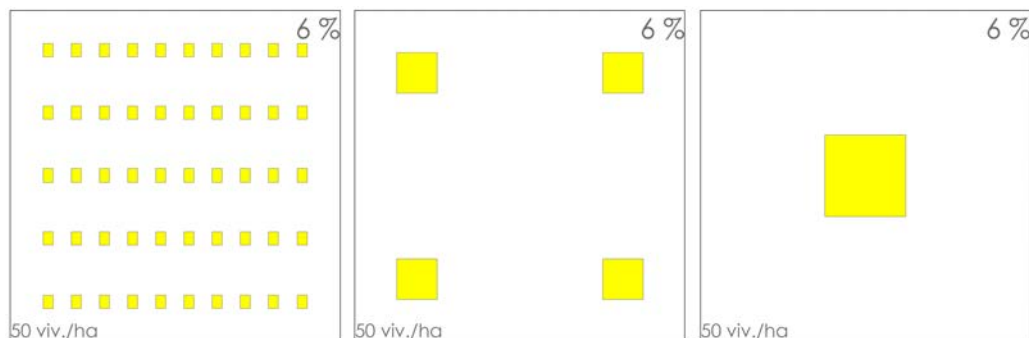


Fig. 22. Formas de captación solar: individual, semi centralizada y centralizada , elaboración propia.

3.4 Análisis “Barrios Sostenibles”

A pesar de ser un análisis de barrios europeos con una realidad muy distinta a la latinoamericana no nos deja de entregar información relevante como por ejemplo la ocupación del suelo no llega a un 40 % o dicho de otra manera, podemos aprender que en todos los casos hay un espacio libre de aproximadamente un 60 % del suelo; otro dato importante es la tipología utilizada, edificios de entre dos y cinco plantas son los mas comunes, de esta manera se libera el espacio proporcionando una gran calidad urbana y ambiental.

HUELLA URBANA				
	Edificios %	Equipamiento %	Viario / pedestre %	Verde / Espacio libre %
VAUBAN	15	2	21	62
SOLAR CITY	19	3	25	53
ECO - VILKKI	16	4	20	60

Tabla 5. Consumo de suelo , elaboración propia.

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

De lo aprendido podemos concluir:

Los patrones de crecimiento sostenible, no son patrimonio ni de la ciudad compacta ni de la ciudad dispersa, cada uno posee sus ventajas y desventajas y la utilización de una o de otra depende de varios factores, pudiendo convivir los dos modelos en una misma ciudad. Sin embargo lo que sí debe pretender un modelo medioambiental óptimo es reducir la huella urbana (Muñiz & Calatayud, 2012). Para el caso de estudio, el periurbano en la ciudad de Cuenca, es aconsejable una ocupación intermedia, combinado tipologías de vivienda unifamiliar con edificios de mediana altura, de esta manera se libera espacio que favorezca una gran calidad ambiental y urbana, así mismo será necesario privilegiar una movilidad alternativa sobre el vehículo privado; fácil de decirlo pero muy difícil de realizarlo dada la dependencia, la fuerte presión que ejercen estos medios para con el aparato administrativo y político y sobre todo un imaginario que ha situado al automóvil como símbolo de estatus en nuestras ciudades. Para esto es clave que estos nuevos asentamientos estén bien conectados con transporte público eficiente y de calidad así como provistos de sendas peatonales, ciclo vías, etc. Que potencie el uso de una movilidad alternativa.

“En terreno propio y con los pies en la tierra” todos sabemos el arraigo que nuestra cultura tiene sobre la tierra, el imaginario vendido por un hábil aparatage visual informativo, que ha calado principalmente en familias jóvenes sobre la panacea de vivir en una vivienda unifamiliar. Hemos superado los seis mil millones de personas y se calcula que para 2050 bordearemos los diez mil millones (Davis, 2009), necesitamos un cambio de paradigma, ordenamientos con tipologías de viviendas unifamiliares son insostenibles tanto económicamente como ambientalmente; no se puede proveer de servicios, transporte público, recolección de basura, etc, a viviendas regadas en miles de hectáreas, sabiendo además que el consumo de suelo resulta nefasto, poniendo en riesgo un recurso tan importante como el suelo para el desarrollo de las futuras generaciones.

No existe una densidad óptima, depende de las características de cada sector, pero tampoco se puede hacer ciudad con densidades de 5 viviendas por hectárea como esta sucediendo en muchas zonas de la ciudad de Cuenca, varias ciudades del Ecuador y muchas de latino américa, sabiendo además que con estos modelos de crecimiento de vivienda unifamiliar llegamos a 20 o acaso a 30 viv./ha. La vivienda unifamiliar en densidades razonables ofrece ventajas de relación con la naturaleza (Oyon, 2011), esto combinado con tipologías de edificios de dos o tres plantas, podrían generar densidades sostenible de ocupación que se auto-contengan, para no depender tanto del centro. Es necesario generar nuevos modelos de crecimiento con un uso racional del suelo y que incorporen energías alternativas como la energía solar. Con el análisis realizado podemos observar la factibilidad de este recurso en términos de densidad, radiación y de captación; es necesario globalmente y responsable localmente incorporar estas nuevas tecnologías si queremos hablar de nuevos patrones de crecimiento sostenible.

Recomendaciones:

El análisis morfológico con fines de captación solar en el periurbano de la ciudad de Cuenca, podría servir de base para iniciar un estudio mas profundo que plantee una metodología de diseño para nuevos asentamientos con criterios sostenibles, donde además se incluyan variables muy importantes como: diseño de los edificios, materiales, consumo energético. Transporte, distancias óptimas; usuarios, actividades, huella ecológica, etc.

Es necesario realizar un profundo estudio sobre el diseño de los posibles y mas adecuados ordenamientos urbanos con criterios sostenibles, tomando en cuenta las especificidades de cada sector de planeamiento y sobre todo, parafraseando a Cornelis Van Eesteren (Galindo, 2000) nunca desligado de los deseos y aspiraciones de la sociedad a la que se debe.

Limitaciones:

El análisis morfológico de los tres cuadrantes de estudio puso en blanco y negro el espacio libre frente a la huella generada por la edificación de viviendas, sin embargo es necesario analizar a profundidad ese complejo espacio libre compuesto por quebradas, zonas agrícolas, bosques, etc.

Además el calculo del área de captación solar (12 Kwh / día) para cada vivienda, podría verse afectado por las condiciones atmosféricas, inclinación de los paneles fotovoltaicos, etc. Siendo este solo una aproximación general para entender el potencial solar y su posible aprovechamiento e impacto en la forma del periurbano de Cuenca – Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA:

Amado, M., & Poggi, F. (2014). Solar energy integration in urban planning: GUUD model. *Energy Procedia*, 50, 277–284. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.034>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2014). *Cuenca ciudad sostenible / Plan de acción*. Bid.

Clark, T. B., & Fulmer, R. M. (1973). The limits to. *Business Horizons*, 16(3), 88–96. [http://doi.org/10.1016/0007-6813\(73\)90029-3](http://doi.org/10.1016/0007-6813(73)90029-3)

Davis, M. (2009). *Planet of slums*. *Global public health* (Vol. 4). <http://doi.org/10.1215/0961754X-2008-032>

Field, S. (2010). Europe's Vibrant New Low Carbon Communities, Case study: Vauban Freiburg, Germany, 12.

Galindo, J. (2000). *UN PROCESO ABIERTO*.

Jurgen H. Breuste, J. R. (2005). SOLARCITY LINZ / AUSTRIA – A EUROPEAN EXAMPLE FOR URBAN ECOLOGICAL SETTLEMENTS AND ITS ECOLOGICAL.

McHarg, I. L. (2000). *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.

Muñiz, I., & Calatayud, D. (2012). Departament d' Economia Aplicada.

Muxí, Z. (2004). *La Arquitectura de la ciudad global*. Barcelona : Gustavo Gili. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1252972~S1*cat

Oyon, J. L. (2011). Dispersión frente a compacidad.pdf.

PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2011-2030. (2015).

Recalde, C., Cisneros, C., Ávila, C., & Urquiza, G. (2015). Influencia del Angulo de Inclinación de los Tubos Solares Evacuados sobre la Temperatura del Agua. *Información Tecnológica*, 26(4), 89–96. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642015000400012>

Riverside, L. R. of. (1999). *Towards and urban renaissance : Final Report of the Urban Task Force chaired by Lord Rogers of Riverside*. London : Department of the Environment, Transport and the Regions. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1158441~S1*cat

Sassi, P. (2006). *Strategies for sustainable architecture*. Abingdon : Taylor. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1293617~S1*cat

Schulz, C. (2006). The Sir George Pepler International Award : 2006 “ Urban Design for Sustainability : Learning from Helsinki .”